

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 00 538 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 196 00 538.8  
㉔ Anmeldetag: 9. 1. 96  
㉕ Offenlegungstag: 10. 7. 97

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**B 23 H 1/02**  
B 23 H 7/06



**DE 196 00 538 A 1**

㉑ Anmelder:

AG für industrielle Elektronik AGIE Losone bei  
Locarno, Losone, Locarno, CH

㉒ Vertreter:

von Samson-Himmelstjerna und Kollegen, 80538  
München

㉓ Erfinder:

Loreti, Raffaele, Locarno, CH; De Maria, Renzo,  
Bellinzona, CH

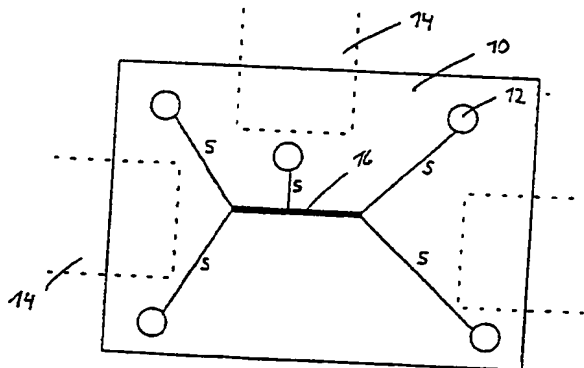
㉔ Entgegenhaltungen:

DE 38 17 302 C1  
DE 41 05 291 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉕ Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Funkenerosionsmaschine

㉖ Die Erfindung zielt darauf ab, Kollisionen im Arbeitsraum einer Funkenerosionsmaschine zu verhindern, insbesondere wenn auf einem Werkstück mehrere Bearbeitungen mit verschiedenen positionierten Startlöchern (12) vorgesehen sind. Hierzu definiert der Operateur einen Fahrbereich (16) pro Werkstück (10), innerhalb dessen sich die Elektrodenführung kollisionsfrei bewegen kann. Ebenso legt der Operateur kollisionsfreie Fahrflächen für den Übergang von einem Werkstück zu einem weiteren auf einem Werkstücktisch eingespannten Werkstück fest.



oder mehrere Bereiche im Arbeitsraum der Funkenerosionsmaschine — nachfolgend "Fahrbereiche" genannt — festgelegt, innerhalb derer sich die Elektrodenführung kollisionsfrei bewegen kann. Die erfindungsgemäße Steuervorrichtung enthält eine Benutzerschnittstelle zur Festlegung des oder der genannten Fahrbereiche und eine Recheneinheit zur Umwandlung der für den oder die Fahrbereiche charakteristischen Eingaben in Steuerdaten für die Steuervorrichtung der Funkenerosionsmaschine.

Nach der Erfindung werden im Vorfeld der eigentlichen Bearbeitung eines Werkstückes Vorkehrungen zur Vermeidung etwaiger Kollisionen getroffen. Bereits bei der Einrichtung der Funkenerosionsmaschine durch Eingabe der für den jeweiligen Arbeitsdurchlauf spezifischen Steuerdaten in die numerische Steuerung werden kollisionsgefährdete Bereiche innerhalb der Bearbeitungszone berücksichtigt. Es handelt sich um eine präventive Maßnahme, so daß Kollisionen während der Bearbeitung von vornherein weitgehend ausgeschlossen sind. Somit kann weitgehend auf die aufwendigen konventionellen Kollisionsschutzsysteme verzichtet werden. Ebenso wird eine Unterbrechung der Bearbeitung mit ggf. notwendiger Nachjustierung der Elektrodenführung vermieden. Es ist nunmehr möglich, die Elektrodenführung bzw. den oder die Führungsköpfe sicher einerseits auf der vorgegebenen Sollkontur zu bewegen, andererseits aber auch kollisionsfrei von einer Arbeitszone in eine andere Arbeitszone auf ein und demselben Werkstück oder von einem Werkstück zu einem anderen Werkstück kollisionsfrei zu wechseln.

Neben den genannten Hindernissen in unmittelbarer Umgebung des oder der Werkstücke im Arbeitsraum kommt speziell bei einer Schneiderosionsvorrichtung ein weiteres "Hindernis" hinzu: Bei der Bearbeitung von Matrizen entstehen stempelförmige Ausfallstücke, die bei einem unkontrollierten Trennschnitt auf den darunter befindlichen Elektrodenführungskopf herabfallen und diesen hiermit beschädigen können. Auch diese Kollisionsgefahr kann im erfindungsgemäßen Verfahren ausgeschaltet werden, indem bei der Festlegung der kollisionsfreien Fahrbereiche auch solche Schnittbahnen berücksichtigt werden, die zu einem unkontrolliert herabfallenden Ausfallstück führen können.

Vorzugsweise wird die Vorschubbewegung in einem Vergleich der Steuervorrichtung durch Vergleich der momentanen Bahn- bzw. Vorschubdaten der Elektrodenführung mit den den kollisionsfreien Fahrbereichen entsprechenden Steuerdaten während der Bearbeitung und/oder beim Übergang zwischen einzelnen Bearbeitungsschritten laufend dahingehend überwacht, ob sich die Elektrodenführung innerhalb der kollisionsfreien Fahrbereiche befindet. Sobald die Elektrodenführung einen solchen Fahrbereich verläßt, wird die Vorschubbewegung der Elektrodenführung und/oder des Werkstückes vorzugsweise abrupt unterbrochen. Es bietet sich an, den X/Y- bzw. U/V-Antrieb des Führungskopfes und/oder des Werkstücktisches in dieser Situation in ähnlicher Weise zu steuern, wie es bei Kurzschlußsituationen zwischen der Bearbeitungselektrode und dem Werkstück üblich ist: Nach Übertreten des vorgegebenen Fahrbereiches fährt der Führungskopf und/oder des Werkstücktisches entlang der unmittelbar vor dem Überschreiten zurückgelegten Verfahrstrecke in den erlaubten Fahrbereich zurück. Danach ist der Führungskopf für die Wiederholung der ursprünglich vorgesehenen Vorschubbewegung wieder einsatzbereit, und zwar in einer eindeutig definierten Lage.

Vorzugsweise legt der Operateur in der Einrichtung der Funkenerosionsmaschine einen oder mehrere Fahrbereiche zwischen den Arbeitszonen auf einem Werkstück und/oder zwischen mehreren im Arbeitsraum der Funkenerosionsmaschine aufgespannten Werkstücken fest, und zwar derart, daß die Fahrbereiche mit unmittelbar benachbarten Fahrbereichen zusammenhängen. Auf diese Weise läßt sich die Elektrodenführung und/oder der Werkstückstisch kollisionsfrei in jede beliebige Arbeitszone auf jedem Werkstück im Arbeitsraum bewegen.

Die Festlegung der kollisionsfreien Fahrbereiche kann grundsätzlich durch Eingabe der exakten Lagedaten etwaiger Hindernisse im Arbeitsraum geschehen, z. B. der Fixierdaten der Spannmittel oder der Stromkontakte am Werkstück. Diese Lagedaten können vom Operateur ohne weiteres von CAD-Werkstückszeichnungen oder einem sog. Werkstücksplan entnommen werden, welcher die Daten des zu bearbeitenden Werkstückes sowie sämtliche Lage- und Verlaufsdaten der gewünschten Werkstückkontur und ggf. auch die Lagedaten der Werkstückumgebung im Arbeitsraum enthält. Aus arbeitsökonomischen Gründen wird vorzugsweise nur die "ungefähre" Lage etwaiger Kollisionsgegenstände in Werkstückumgebung berücksichtigt. Danach werden die kollisionsfreien Fahrbereiche als ein-, zwei- oder dreidimensionale und zusammenhängende Bereiche im Arbeitsraum gewählt, und zwar derart, daß sich die Elektrodenführung jeweils auf dem kürzesten Weg von jeder Arbeitszone auf einem Werkstück in jede andere Arbeitszone und/oder von jedem Werkstück auf jedes andere Werkstück frei bewegen kann. Je nach Anordnung der Arbeitszonen auf einem Arbeitsstück und ggf. mehrerer Werkstücke im Arbeitsraum sind dies bevorzugt lineare Fahrbereiche (sog. Fahr-schienen) oder ebene Fahrbereiche (sog. Fahrflächen). Der jeweils kürzeste Verfahrensweg innerhalb dieser Fahrbereiche wird von einer Recheneinheit der Steuerung nach bekannten numerischen Verfahren bestimmt. Die aufwendige sequentielle Programmierung der Verfahrenswege zwischen verschiedenen Arbeitszonen bei gegenwärtigen Funkenerosionsmaschinen durch den Operateur kann demnach entfallen. Letztlich schließt die Strategie der Berücksichtigung der "ungefähren" Hindernisdaten zwar die Lösung aller nur denkbaren Kollisionsfälle aus, jedoch ist die Zeitersparnis für den Operateur beim Einrichten der Anlage beträchtlich. Vorzugsweise wird das hier beschriebene Verfahren mit einem aktiven Kollisionsschutzsystem der eingangs genannten Art kombiniert, um die Maschine vor dem verbleibenden Rest an noch möglichen Kollisionsfällen zu schützen. Dadurch kann man die Vorteile beider Verfahren nutzen und noch wirtschaftlicher arbeiten.

Unter Berücksichtigung der zur Bearbeitung eines oder mehrerer Werkstücke notwendigen Steuerdaten, insbesondere Lagedaten von Schnittbahnen und/oder Senkkonturen sowie der Lagedaten der Werkstückumgebung, wird die Elektrodenführung und/oder der Werkstückstisch bevorzugt so gesteuert, daß sich die Elektrodenführung aus einer Arbeitszone des Werkstückes auf kürzestem Weg in den nächstliegenden Fahrbereich bewegt, innerhalb dieses Fahrbereiches auf kürzestem Weg an denjenigen Punkt dieses Fahrbereiches bewegt, welcher der/dem nachfolgend zu bearbeitenden Arbeitszone/Werkstück am nächsten liegt. Auf diese Weise wird kaum Zeit für etwaige Verfahrstrecken im Arbeitsraum verloren. Dazu kommt, daß der Operateur die Vorschubbewegung nicht zu überwachen

braucht, da erfindungsgemäß Kollisionen während der Bearbeitung weitgehend ausgeschlossen sind.

Die Eingabe der genannten Hindernisdaten — sei es in Form exakter Werte oder in Form "ungefährer" Werte — gestaltet sich bei einer grafischen Benutzerschnittstelle besonders einfach. Dort wird der Werkstücksplan auf einer Anzeigeeinrichtung angezeigt und die kollisionsfreien Fahrbereiche, z. B. eine Fahrschiene auf einem Werkstück oder eine Fahrfläche zwischen zwei Werkstücken, werden durch den Operateur über eine Eingabeeinheit der genannten Schnittstelle festgelegt. Die Recheneinheit der numerischen Steuerung erstellt schließlich einen vollständigen Werkstücksplan mit den Lage- und Verlaufsdaten der Schnittbahnen und/oder Senkkonturen sowie der Verfahrbahnen zwischen den einzelnen Arbeitszonen auf einem Werkstück und zwischen den Werkstücken. Der vollständige Werkstücksplan wird auf der Anzeigeeinrichtung dargestellt. Auf diese Weise kann bereits durch den Betrachter eine unmittelbare visuelle Überprüfung des Bewegungsablaufes der Elektrodenführung während der gesamten Bearbeitung auf etwaige Kollisionen hin erfolgen. Falls die visuelle Überprüfung nicht zufriedenstellend ist, können die kollisionsfreien Zonen neu definiert werden. Auf einen sog. Trockenlauf zur Simulation der durchzuführenden Bearbeitung, wie er bei der Bearbeitung von besonders aufwendigen und daher teuren Werkstücken häufig durchgeführt wird, kann somit weitgehend verzichtet werden.

Anhand der genannten grafische Benutzerschnittstelle können den kollisionsgefährdeten, nicht befahrbaren Bereichen im Arbeitsraum über eine Eingabeeinheit auch repräsentative grafische Symbole zugeordnet werden, welche über die Recheneinheit der numerischen Steuerung in entsprechende Steuerdaten umwandelbar sind. Vorzugsweise wird dem Arbeitsraum insgesamt oder einzelnen Werkstücken ein Raster bzw. Gitter zugeordnet, dessen Felder über die Eingabeeinheit der grafische Benutzerschnittstelle unter Berücksichtigung etwaiger Hindernisse im Arbeitsraum als Fahrbereiche oder Nicht-Fahrbereiche gekennzeichnet werden. Je nach Rasterauflösung können die Fahrbereiche beliebig genau festgelegt werden.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele. In der Beschreibung wird auf die beigefügte schematische Zeichnung Bezug genommen. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Werkstücksplanes mit einer Fahrschiene für den Übergang zwischen den Arbeitszonen;

Fig. 2 und 3 eine schematische Darstellung eines Werkstücksplanes jeweils mit einer Fahrfläche; und

Fig. 4 einen Werkstücksplan mehrerer Werkstücke mit einem Fahrbereich für den Übergang zwischen den Werkstücken.

Die Fig. 1—4 zeigen verschiedene Varianten der Erfindung. Dabei sind gleiche technische Merkmale der Übersicht halber mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer Schneiderosionsvorrichtung beschrieben. Dies bedeutet jedoch keinerlei Einschränkung der Erfindung, die in der Funkenerosion einen breiten Anwendungsbereich, sowohl in der Schneid- bzw. Drahterosion, als auch in der Senkerosion hat. Eine solche Schneiderosionsmaschine verfügt über eine CNC-Steuerung, welche die zum Schneiden notwendige, die Schnittkonturen bestimmen-

de Relativbewegung zwischen Werkstück und Drahtelektrode steuert. Hierfür ist ein mit dem Werkstückstisch gekoppelter in X/Y-Hauptachsenrichtung bewegbarer X/Y-Antrieb vorgesehen, der die Stellsignale der CNC-Steuerung empfängt. Zum Schneiden konischer Schnitte ist ferner eine der Elektrodenführungen bzw. einer der Führungsköpfe über einen U/V-Antrieb in U/V-Richtung verschwenkbar.

Die CNC-Steuerung benötigt Steuerdaten, wie z. B. Lage- und Verlaufskordinaten der gewünschten Schnittkonturen, welche sie in Stellsignale für den Betrieb der X/Y- bzw. U/V-Antriebe umwandelt. Die Eingabe der Steuerdaten an die CNC-Steuerung erfolgt über eine geeignete Schnittstelle. Diese kann im vorliegenden Fall eine grafische Benutzerschnittstelle, in Form einer Anzeige- und einer dazugehörigen Eingabeeinrichtung, oder eine Menüschnittstelle sein. Anhand der Steuerdaten wird ein Werkstücksplan über die Abmessung und die Lage eines oder mehrerer Werkstücke auf dem Werkstückstisch, die Lage einer oder mehrerer Startpunkte sowie der Verlauf der erwünschten Schnittkonturen auf dem oder den Werkstücken erstellt.

Fig. 1 zeigt stark vereinfacht einen solchen Werkstücksplan eines — auf einem hier nicht dargestellten Werkstückstisch eingespannten — Werkstücks 10. Mit den Kreisen 12 sind mehrere Startpunkte angedeutet, die jeweils Ausgangslage und meist auch Endlage einer im Bereich des jeweiligen Startpunktes durchzuführenden Schnittkontur darstellen. Jedem Startpunkt 12 ist eine Arbeitszone zugeordnet, innerhalb welcher jeweils ein Bearbeitungsvorgang durchgeführt wird. Die Abschnitte 14 deuten Bereiche an, in denen das Werkstück 10 über Spannmittel auf dem Werkstückstisch befestigt ist. Die Spannmittel 14 seien hier nur exemplarisch für Hindernisse genannt, die in unmittelbarer Werkstückumgebung eine Kollisionsgefahr mit den Elektrodenführungsköpfen der Funkenerosionsmaschine darstellen.

Erfahrungsgemäß ist die Eingabe der exakten Lage- und Verlaufskordinaten der Haltemittel 14 an die CNC-Steuerung mit einem recht hohen Zeitaufwand verbunden. Daher ist in Fig. 1 eine Variante der Erfindung dargestellt, bei der nur die "ungefähre" Lage der Haltemittel 14 in Form der mit fetter Linie gezeichneten Geraden 16 berücksichtigt wird. Der Operateur gibt beim Einrichten der Anlage lediglich die Koordinaten der Geraden 16 in die CNC-Steuerung ein. Die Eingabe der Geraden 16 erfolgt über die obige Eingabeeinrichtung, also über eine grafische oder eine Menüschnittstelle. Die Gerade 16 wird über eine Anzeigeeinrichtung der CNC-Steuerung in der in Fig. 1 dargestellten Weise optisch angezeigt. Der Operateur kann die Länge und die Position der Geraden 16 auf dem Werkstück 10 beliebig verändern. Die Gerade 16 dient nun der CNC-Steuerung als bevorzugte Fahrschiene, d. h. als Vorschubbahn der Elektrodenführungsköpfe bzw. des Werkstücktisches zwischen einzelnen Arbeitszonen auf dem Werkstück 10, bei der sicher keine Kollision mit etwaigen Hindernissen im Arbeitsraum, hier der Spannmittel 14, zu befürchten ist.

Ausgehend von einer der dargestellten Startpunkte 12 wird die Vorschub- bzw. Verfahrbahn von einer Arbeitszone in eine andere wie folgt bestimmt: Grundsätzlich wird hierfür von dem Startpunkt 12 aus eine Senkrechte in Richtung der Fahrschiene 16 gewählt. Für den Fall, daß diese Senkrechte die Fahrschiene 16 nicht schneidet, wird als Vorschubbahn eine Gerade von dem jeweiligen Startpunkt 12 bis zum nächstliegenden Endpunkt der Fahrschiene 16 gewählt. Auf diese Weise

erhält man die in Fig. 1 dargestellten Vorschubbahnen s, um kollisionsfrei von einer Arbeitszone in eine andere Arbeitszone auf dem Werkstück 10 zu gelangen.

Fig. 2 zeigt eine weitere Variante der Erfindung unter Berücksichtigung der "ungefahren" Lage etwaiger Hindernisse, hier Haltemittel 14, in Werkstücks Umgebung. Für die Festlegung eines kollisionsfreien Fahrbereiches auf einem Werkstück 10 gibt der Operateur über die genannte Eingabeeinrichtung Koordinaten eines Rechteckbereiches 16 an die CNC-Steuerung ein. Dabei kann die Abmessung und die Position des Bereiches 16 auf dem Werkstück 10 beliebig verändert werden. Im dargestellten Fall ist der Rechteckbereich 16 so dimensioniert und mit Rücksicht auf die Lage der Haltemittel 14 angeordnet, daß die Elektrodenführungsköpfe kollisionsfrei von einer Arbeitszone in eine andere bewegt werden können.

Ausgehend von einem der Startpunkte 12 bestimmt ein Rechner der CNC-Steuerung die Vorschubbewegung wie folgt: Zunächst wird vom Startpunkt 12 eine Senkrechte in Richtung auf eine Seite des Rechteckbereiches 16 gezogen. Falls diese Senkrechte den Rechteckbereich 16 nicht schneidet, wird eine Vorschubbahn s als Gerade vom Startpunkt 12 zur nächstliegenden Ecke des Rechteckbereiches 16 gewählt. Innerhalb der so erhaltenen Fahrfläche, also des Rechteckbereiches 16, wählt der Rechner der CNC-Steuerung die kürzeste Strecke zur nächstliegenden Arbeitszone auf dem Werkstück 10, im dargestellten Fall also jeweils den Randbereich der Fahrfläche 16. Auch hier erfolgt die Eingabe vorzugsweise während dem Einrichten der Funkenerosionsmaschine entweder über eine grafische oder über eine Menüschnittstelle zur CNC-Steuerung. Die kollisionsfreie Fahrfläche 16 wird durch den Operateur selbst bestimmt und die hieraus vermittelten Steuerdaten mit den Werkstücksplandaten durch die CNC-Steuerung selbst derart in Beziehung gesetzt, daß sich die Elektrodenführung während der Bearbeitung sowie beim Einrichten der Maschine innerhalb der Fahrfläche 16, und zwar auf dem jeweils kürzesten Weg, bewegt. Durch Vorauswahl der zulässigen Fahrbereiche wird der Arbeits- und Zeitaufwand für die Vorbereitung der funkenerosiven Bearbeitung für den Operateur bei einer nach der Erfindung gesteuerten Funkenerosionsmaschine erheblich minimiert.

Fig. 3 zeigt eine weitere Variante zur Festlegung der Fahrbereiche. Dabei wird über einen Bildschirm der CNC-Steuerung der in Fig. 3 dargestellte Werkstücksplan angezeigt. Über eine grafische Schnittstelle legt der Benutzer Bereiche fest, in denen sich erfahrungsgemäß Hindernisse in unmittelbarer Umgebung des Werkstücks 10 befinden, wie hier Spannmittel 14. Mit Hilfe einer Eingabeeinheit der grafischen Schnittstelle wird ein Raster bzw. Gitter R definiert, dessen Gitterabstand beliebig einstellbar ist. Das so erhaltene Raster R wird in der dargestellten Weise über das Werkstück 10 gelegt. Sodann werden die kollisionsgefährdeten Rasterfelder vom Operateur mit Hilfe der genannten Eingabeeinheit markiert. Die verbleibende, nicht markierte Fläche auf dem Werkstück 10 dient der CNC-Steuerung als kollisionsfreie Fahrfläche 16. Bei der Auswahl der kollisionsfreien Rasterfelder ist darauf zu achten, daß jeder Startpunkt 12 in einem nicht markierten Feld und die nichtmarkierten Felder stets zusammenhängen. Durch Erhöhung der Rasterauflösung können die kollisionsgefährdeten Bereiche beliebig genau definiert und damit eine etwaige Kollisionsgefahr auf ein Minimum reduziert werden.

Die Fig. 4a und 4b veranschaulichen ein Verfahren zur Vermeidung von Kollisionen der Elektrodenführungsköpfe beim Übergang von einem Werkstück 10 zu einem anderen Werkstück 10'. Die Werkstücke 10 und 10' sind jeweils über Spannmittel 14 bzw. 14' auf einem — hier nicht dargestellten — Werkzeugtisch fixiert und jeweils mit Startpunkten 12 bzw. 12' in den jeweiligen Arbeitszonen versehen.

Die Bereiche 16 und 16' auf den Werkstücken 10 und 10' kennzeichnen kollisionsfreie Fahrbereiche für die Bewegung der Elektrodenführungsköpfe jeweils auf den Werkstücken 10 bzw. 10'. Die Fahrbereiche 16 und 16' werden nach einer der in den Fig. 1—3 beschriebenen Varianten festgelegt. In Fig. 4a und 4b sind zusätzlich die Verfahrensebenen mit unterbrochener Linie angedeutet, innerhalb welcher sich die Elektrodenführungsköpfe relativ zu den Werkstücken 10 und 10' bewegen. Hierbei handelt es sich um eine Ebene H1, in welcher der obere Elektrodenführungskopf eine Vorschubbewegung von einer Arbeitszone des Werkstückes 10 bzw. 10' in eine andere Arbeitszone durchführt, und um eine Ebene H2, in welcher der obere eine Vorschubbewegung vom Werkstück 10 zum anderen Werkstück 10' durchführt.

Fig. 4a zeigt eine Vorschubbahn V des Elektrodenführungskopfes vom Werkstück 10 zum Werkstück 10' ohne Berücksichtigung der durch die Spannmittel 14, 14' dargestellten Hindernisse im Arbeitsraum. Die Folge dieser Vorschubbewegung ist eine Kollision an den mit K und K' gekennzeichneten Stellen zwischen Führungskopf und Spannmittel 14 bzw. 14', die zu einer erheblichen Beschädigung des Führungskopfes führen kann. Zur Vermeidung derartiger Kollisionen wird erfindungsgemäß ein kollisionsfreier Fahrbereich 26 zwischen den Werkstücken 10 und 10' festgelegt, so wie in Fig. 4b dargestellt.

Da die Problemstellung beim Übergang zwischen verschiedenen Werkstücken mit derjenigen zwischen verschiedenen Arbeitszonen auf ein und demselben Werkstück vergleichbar ist, kann die Festlegung des kollisionsfreien Fahrbereichs 26 grundsätzlich auch nach einer der in den Fig. 1—3 beschriebenen Varianten durchgeführt werden. Dies gilt insbesondere unter der vereinfachenden Annahme, daß etwaige Hindernisse, insbesondere Haltemittel, in den meisten Fällen im Randbereich des Arbeitsraumes anzutreffen sind. Dann können obige Varianten unmittelbar auch für die Festlegung der Fahrbereiche zwischen unterschiedlichen Werkstücken übernommen werden. Bevorzugt wird hierbei die Festlegung einer Fahrfläche nach der Variante in Fig. 2. Eine solche Fahrfläche kann nämlich durch Bestimmung der Seitenabstände zur jeweiligen Begrenzung des Arbeitsraumes (sog. Offset), dessen Abmessung der CNC-Steuerung ohnehin bekannt ist. Dies führt zu einer weiteren Vereinfachung der Schnittstelle zwischen Operateur und CNC-Steuerung.

Bei der Festlegung des Fahrbereiches 26 in Fig. 4b ist lediglich zu beachten, daß dieser mit den einzelnen Fahrbereichen 16, 16' auf den jeweiligen Werkstücken 10, 10' an zumindest einem Punkt zusammenhängt. Wiederum ist der Rechner der CNC-Steuerung derart ausgestaltet, daß bei Eintritt des Elektrodenführungskopfes in den Fahrbereich 26 der kürzeste Weg zum benachbarten Werkstück 10' ausgewählt wird.

#### Patentansprüche

##### 1. Verfahren zur Steuerung einer Funkenerosions-

maschine mit einer in wenigstens einer(m) Elektrodenführung bzw. Führungskopf geführten Bearbeitungselektrode, bei welchem die zur Bearbeitung eines oder mehrerer Werkstücke (10) notwendigen Steuerdaten in eine Steuervorrichtung eingegeben werden, dadurch gekennzeichnet, daß dabei ein oder mehrere Bereiche (16; 26) im Arbeitsraum der Funkenerosionsmaschine (Fahrbereiche) festgelegt werden, innerhalb derer sich die Elektrodenführung kollisionsfrei bewegen kann.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß unter Berücksichtigung der ungefähren Lage etwaiger Hindernisse (14) im Arbeitsraum als Fahrbereich(e) (16; 26) ein-, zwei- oder dreidimensionale Bereiche im Arbeitsraum gewählt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrodenführung aus einer Arbeitszone eines Werkstückes (10) auf kürzestem Weg (s) in den nächstliegenden Fahrbereich (16) und innerhalb dieses Fahrbereiches (16) auf kürzestem Weg an denjenigen Punkt des Fahrbereiches (16) bewegt wird, welcher der/dem nachfolgend zu bearbeitenden Arbeitszone oder Werkstück am nächsten liegt.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorschubbewegung der Elektrodenführung durch Vergleich der momentanen Bahn- bzw. Vorschubdaten mit den — dem oder den Fahrbereichen (16; 26) entsprechenden — Steuerdaten laufend überwacht wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere Fahrbereiche (16) zwischen mehreren Arbeitszonen auf einem Werkstück (10) und/oder ein oder mehrere Fahrbereiche (26) zwischen mehreren Werkstücken (10, 10') derart gewählt werden, daß die Fahrbereiche (16; 26) miteinander zusammenhängen.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Werkstücksplan auf einer Anzeigeeinrichtung angezeigt wird und der oder die Fahrbereiche (16; 26) über eine Eingabeeinheit einer grafischen Schnittstelle festgelegt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß dem oder den Fahrbereichen (16; 26) über die Eingabeeinheit grafische Symbole zugeordnet werden, welche durch eine Recheneinheit der CNC-Steuerung in entsprechende Lagedaten umgewandelt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß dem Arbeitsraum insgesamt oder einzelnen Werkstücken ein Raster bzw. Gitter (R) zugeordnet wird, dessen Felder über die Eingabeeinheit als Fahrbereiche oder Nicht-Fahrbereiche gekennzeichnet werden.

9. Steuervorrichtung für eine Funkenerosionsmaschine mit einem in wenigstens einer Elektrodenführung bzw. Führungskopf geführten Bearbeitungselektrode, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche, mit:

— einer Benutzerschnittstelle zur Festlegung von einem oder mehreren Bereichen (16; 26) im Arbeitsraum der Funkenerosionsmaschine (Fahrbereiche), innerhalb derer sich die Elek-

trodenführung kollisionsfrei bewegen kann; und

— einer Recheneinheit zur Umwandlung der für die Fahrbereiche charakteristischen Eingaben in Steuerdaten.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch einen Vergleich der zum laufenden Vergleich der momentanen Bahn- bzw. Vorschubdaten mit den — dem oder den Fahrbereichen (16; 26) entsprechenden — Steuerdaten.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Benutzerschnittstelle eine grafische Schnittstelle ist mit einer Anzeigeeinrichtung zum Anzeigen eines Werkstückplanes und einer Eingabeeinheit zum Festlegen der Fahrbereiche (16; 26) im Arbeitsraum.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß auch ein aktives Kollisionsschutzsystem vorgesehen ist.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

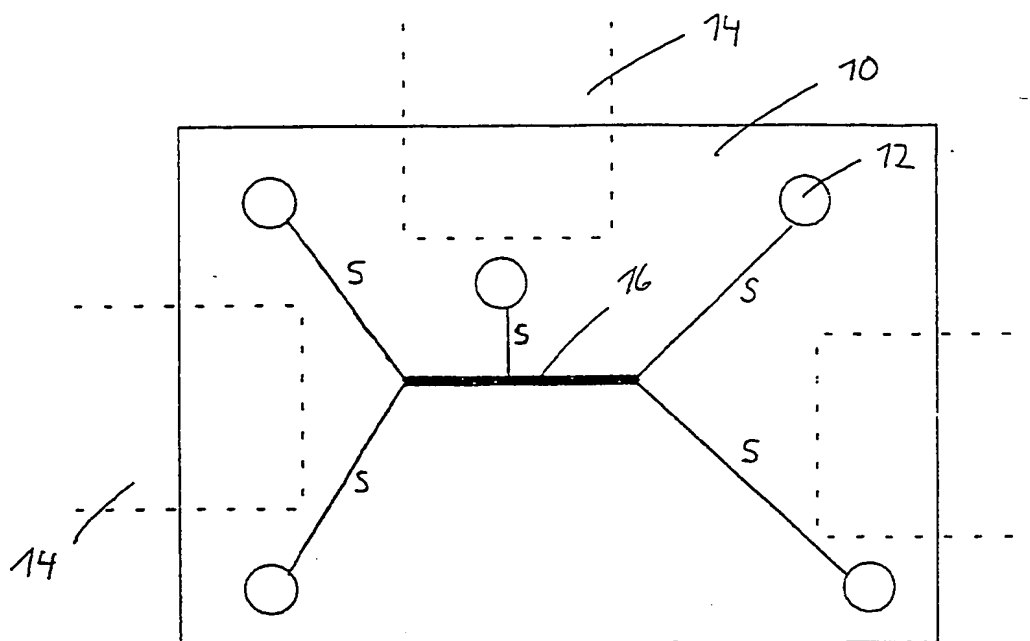


Fig. 1

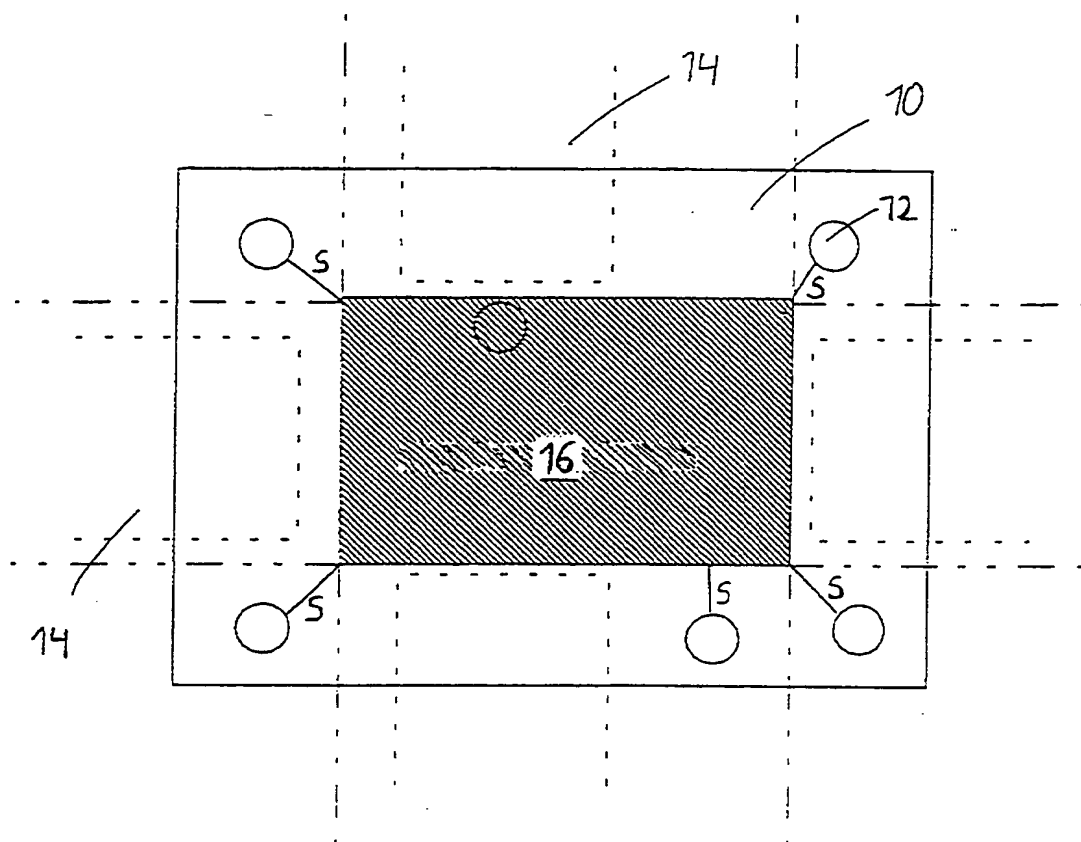


Fig. 2

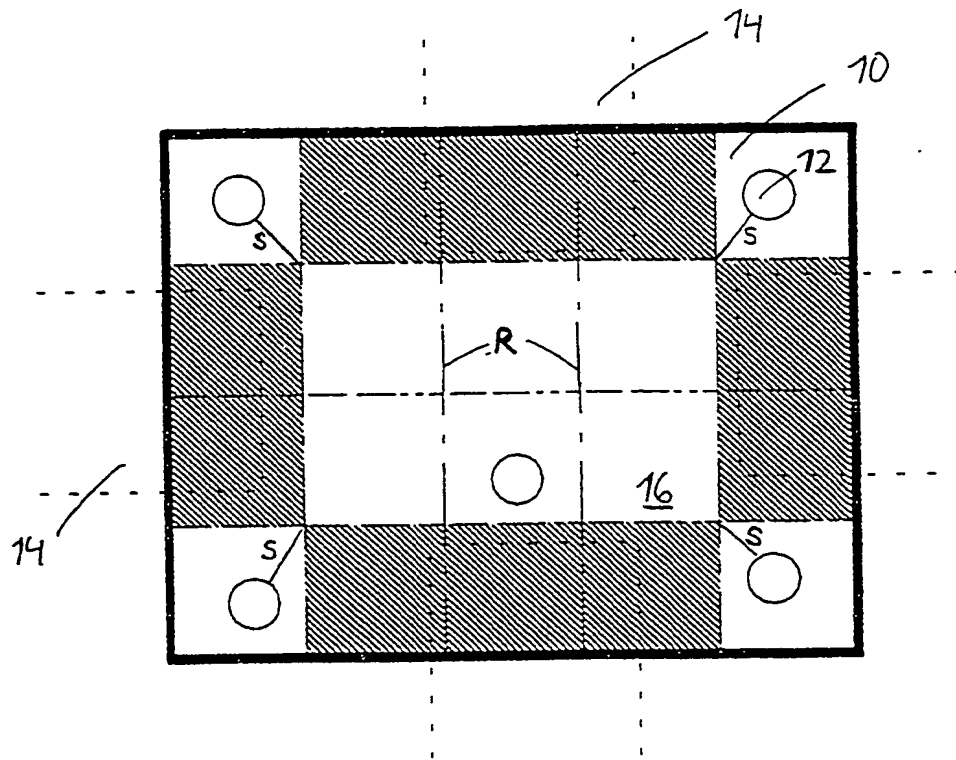


Fig. 3



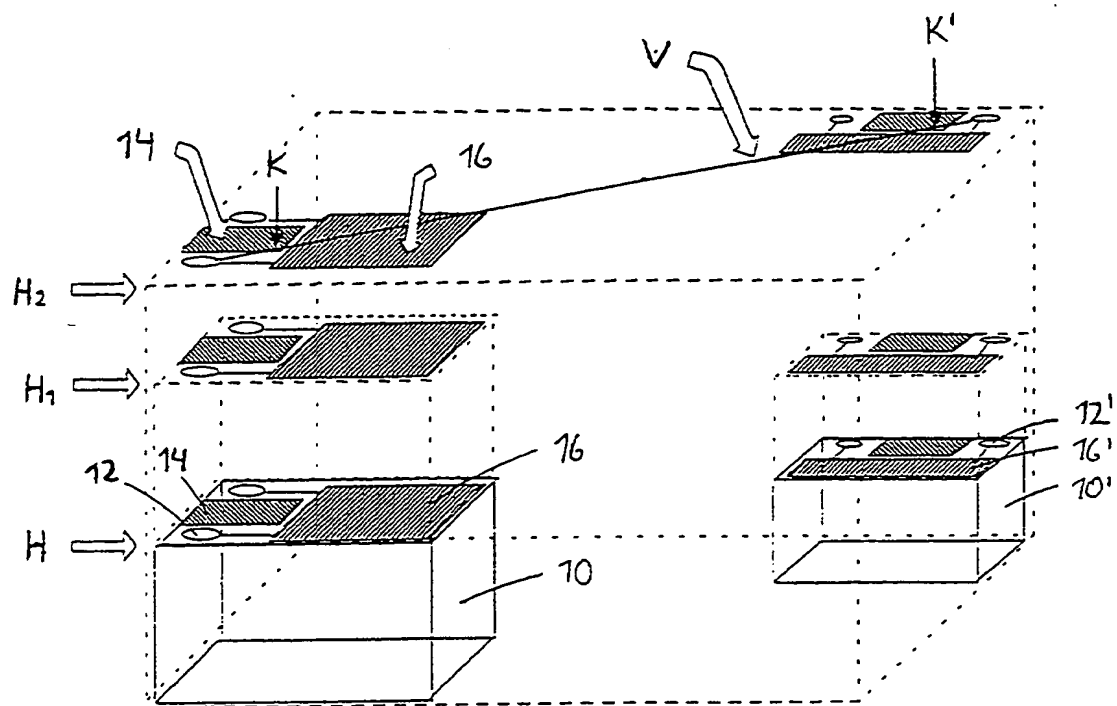


Fig. 4 a

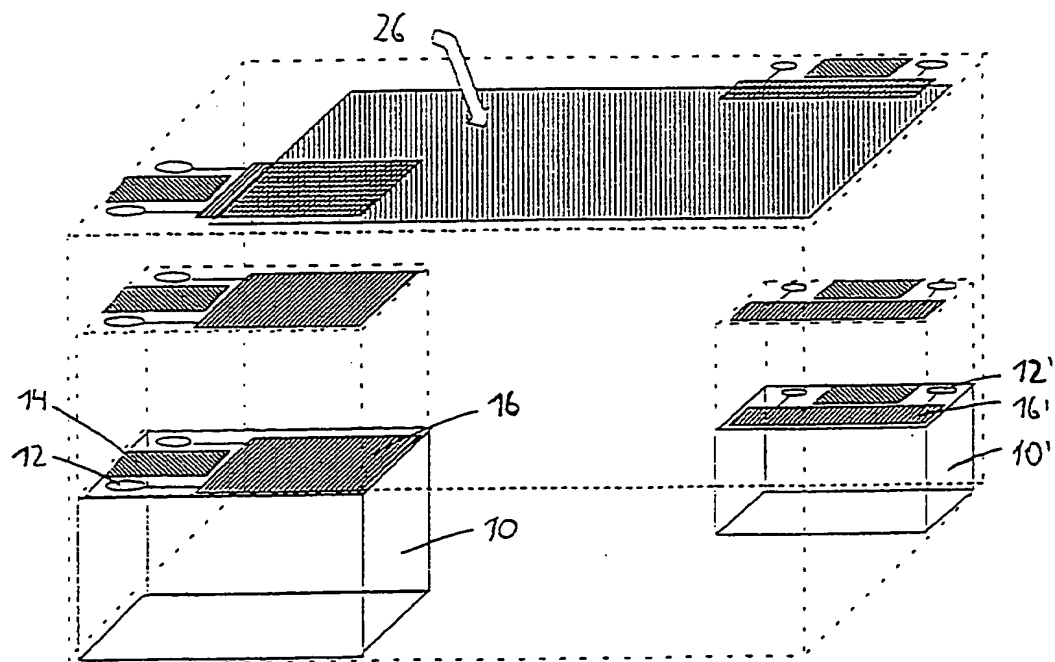


Fig. 4 b

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**